

0 7242484

На правах рукописи

Солодов Павел Александрович

**МОДЕРНИЗАЦИЯ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ И
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТАНОВКИ ПОЛУЧЕНИЯ
МОТОРНЫХ ТОПЛИВ**

05.17.08 – Процессы и аппараты химической технологии

АВТОРЕФЕРАТ

**Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Казань – 2001 г

Работа выполнена в Казанском государственном технологическом университете и
Сургутском заводе стабилизации конденсата.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Лаптев А.Г.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Теляков Э.Ш.
доктор технических наук, профессор
Николаев А.Н.

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский
институт углеводородного сырья (г. Казань)

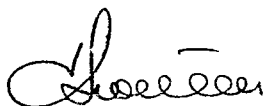
Защита состоится 28 декабря 2001 г. в 14-00 на заседании
диссертационного совета Д 212.080.06 при Казанском Государственном
технологическом университете по адресу 420015, г. Казань, ул. К. Маркса, 68,
А-330 (зал заседаний Ученого Совета).

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 4200015, г. Казань, ул.
К.Маркса, 68, КГТУ, Ученый Совет.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КГТУ.

Автореферат разослан 27 ноября 2001 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук,
профессор



НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
КФУ



С.И. Поникаров

0 7 2 4 2 4 8 7

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.180000
0000000000

Актуальность работы. Бурное развитие экономики Ханты-Мансийского автономного округа поставило на более высокий уровень требования к количеству и ассортименту выпускаемых моторных топлив. Основным производителем моторных топлив в регионе является Сургутский ЗСК (Завод стабилизации конденсата). Запущенная в эксплуатацию в 1993 году установка моторных топлив (УМТ) обеспечила потребности региона в дизельном топливе. Кроме этого вырабатываемая на УМТ прямогонная бензиновая фракция используется в качестве сырья для установки риформинга небольшой производительности ОПУ «Petrofac» и компонента для компаундирования автобензина Нормаль-80, Регуляр-92. Необходимо отметить также, что количество товарного бензина, производимого с использованием катализата ОПУ «Petrofac», весьма ограничено и не может в полной мере обеспечить потребности региона в автобензине. Таким образом, назрела необходимость увеличения количества выпускаемой продукции. Для решения этой задачи было начато строительство установки ЛКС-35-64, представляющей собой сложный комплекс, в составе которого имеются установка каталитического риформинга фр.70-140⁰С, установка гидроочистки и депарафинизации дизельного топлива фр.240-340⁰С, установка гидроочистки авиакеросина фр.140-240⁰С.

Сырьевую базу установок, входящих в комплекс ЛКС-35-64, должна обеспечивать УМТ, однако в ее работе отмечен ряд серьезных недостатков. Глубокий анализ работы колонных аппаратов позволил сделать вывод о необходимости реконструкции УМТ.

Работа выполнялась в соответствии с научным направлением Казанского Государственного Технологического Университета «Развитие методологии оптимального проектирования оборудования на базе сопряженного физического и математического моделирования», а также ПНИЛ № 03-23: «Теоретические методы описания массотеплопереноса в двухфазных многокомпонентных системах, оптимальное проектирование и реконструкция аппаратов разделения в промышленной химии».

Целью данной работы является: *

1. Исследование и анализ процессов разделения смесей в колонных аппаратах с основным оборудованием УМТ при изменении условий работы.
2. На основе использования разработанной математической модели расчет и выбор вариантов модернизации или замена контактных устройств для повышения эффективности разделения углеводородных смесей (УС).
3. Изменение технологической схемы УМТ для получения необходимого ассортимента товарной продукции.

*В работе принимал участие к.т.н. Мальковский П.А.

Научная новизна.

В качестве инструмента для решения поставленных задач разработана математическая модель структуры потока жидкой фазы на промышленных клапанных тарелках. Получено выражение, позволяющее вычислить концентрацию в жидкой фазе по длине пути на тарелке с учетом градиента уровня жидкости и неравномерности потока пара. Полученная математическая модель дает возможность производить анализ вариантов модернизации контактных устройств с минимальным привлечением экспериментальных данных.

Практическая значимость.

На основе разработанной математической модели выполнены расчеты и произведен анализ эффективности работы колонных аппаратов установки моторных топлив Сургутского ЗСК. Рекомендованы изменения технологического режима установки для получения необходимого ассортимента продуктов.

Разработаны варианты модернизации колонных аппаратов И-1, К-1, К-3 и предложены изменения в технологической схеме установки. В результате выполненной реконструкции УМТ расширился ассортимент получаемой продукции.

Апробация работы и научные публикации.

По теме диссертации опубликовано 10 работ.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на XII Международной конференции «Математические методы в технике и технологиях, ММТТ-12» г. В. Новгород, 1999г., на пятой международной конференции «Методы кибернетики химико-технологических процессов» (КХТП-V-99), г. Казань, 1999; на V Международной конференции по интенсификации нефтехимических процессов «Нефтехимия – 99», г. Нижнекамск, 1999 г.; на всероссийской научно – технической конференции «Большая нефть: реалии, проблемы, перспективы» Альметьевск, 2001г. и др., а также на ежегодных научных сессиях КГТУ в 1998-2000 г.г.

Результаты диссертационной работы внедрены при модернизации установки моторных топлив Сургутского ЗСК. Получено подтверждение результатов расчета с данными опытно – промышленной эксплуатации УМТ.

Объем работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения списка использованной литературы, приложений и акта, подтверждающего практическое применение результатов исследований.

Диссертация содержит 121 страницу машинописного текста, 9 таблиц, 22 рисунка по тексту, список литературы из 110 источников отечественных и зарубежных авторов.

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
им. И. И. Лебачевского
Назавского гос. университета

Основное содержание работы.

Во введении обоснована актуальность темы и формулируется цель работы.

В первой главе представлен обзор работ по выбору и разработке перспективных вариантов технологических схем для разделения углеводородного сырья. Рассмотрены математические модели для расчета процессов разделения. Представлены способы повышения эффективности промышленного оборудования.

Во второй главе рассмотрен процесс получения углеводородных фракций путем ректификации стабильного газового конденсата на установке моторных топлив Сургутского ЗСК, представлены математические модели потарелочного расчета сложных колонн и эффективности клапанных тарелок. Технологическая схема установки моторных топлив представлена на рис.1.

Процесс получения моторных топлив состоит из следующих стадий:

- предварительный нагрев и эвапорация исходного сырья; атмосферная перегонка;
- вторичная ректификация.

Атмосферная перегонка нижнего продукта испарителя осуществляется по одноколонной схеме разделения с двумя боковыми выводами, теплосъемом циркуляционным орошением и предназначена для выделения фракций НК-120 °С, 120-200 °С, 200-280 °С, и остатка (фракция выше 280 °С).

Вторичная ректификация предназначена для выделения фракции НК-100°С, фракция 100-120°С и остатка (фракция выше 120°С).

Нагретое на блоке теплообменников и в печи П-1 сырье поступает в испаритель И-1 двумя параллельными потоками. Испаритель И-1 - вертикальный пустотелый аппарат, в котором установлены два сетчатых отбойных устройства.

В испарителе за счет падения давления выделяются пары легких фракций, которые направляются в колонну вторичной ректификации К-3.

Нижний продукт испарителя в смеси с рециркулятом атмосферной колонны К-1, нагретый до температуры 255-260°С, поступает в колонну К-1 на 43 тарелку.

С верха колонны К-1 отбирается фракция НК-120°С, охлаждается в воздушных конденсаторах-холодильниках до 90°С и поступает в рефлюксную емкость Е-1. Балансовое количество подается в колонну вторичной ректификации, остальная часть подается на орошение колонны К-1.

Из колонны К-1 выводится два боковых погона:

- фракция 120-200°С – подается в отпарную колонну К-2/1;
- фракция 200-280°С – подается в отпарную колонну В-2-2.

Нижний продукт колонны К-1 фракция >280 °С - котельное топливо выводится с установки в качестве товарного продукта.

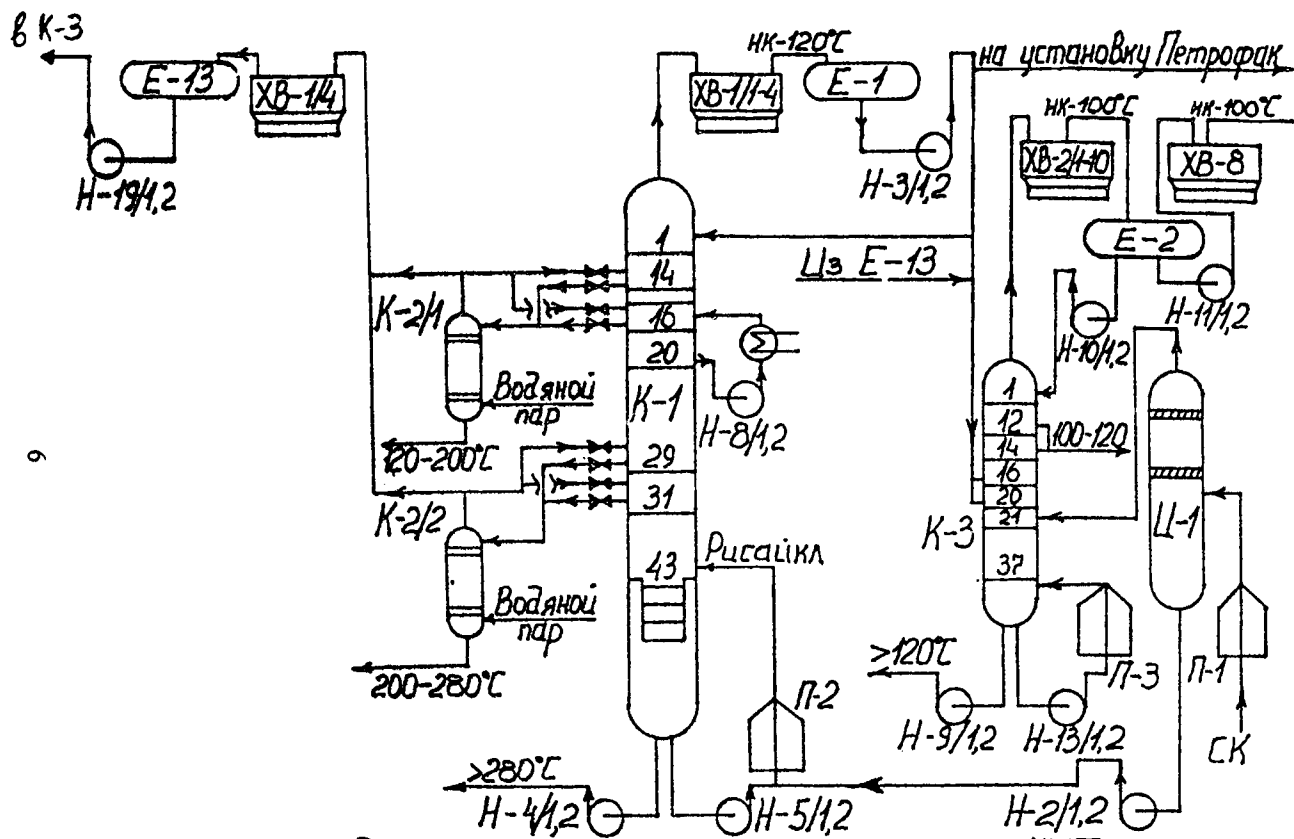


Рис.1. Принципиальная технологическая схема УМТ.

Сырьем колонны вторичной ректификации 11-3 является паровая фаза испарителя И-1, которая подается двумя потоками на 21-ую тарелку, и балансовое количество фракции НК-120°C из рефлюксной емкости на 16 или 20-ю тарелку.

С верха колонны К-3 отбирается фракция НК-100°C.

В колонне вторичной ректификации К-3 предусмотрена возможность отбора бокового погона - фракции 100-120°C с 12 или 14 тарелки.

Колонна вторичной ректификации К-3 может работать как с выводом бокового погона, так и без, тогда весь нижний продукт колонны направляется на смешение с фракцией 200-280°C для получения широкофракционного дизельного топлива.

Для выбора и анализа вариантов модернизации установки разделения рассмотрены алгоритмы расчета процесса ректификации в простых и сложных тарельчатых колоннах.

Известно, что непрерывная смесь ведет себя как идеальный раствор, так как входящие в ее состав азеотропообразующие компоненты не оказывают сильного влияния на летучесть получаемых фракций. В связи с чем процессы перегонки и ректификации непрерывных смесей рассчитывают, используя законы идеальных растворов.

Другое допущение, применяемое в расчетах, заключается в использовании дифференциального метода, представлении состава непрерывной смеси. Исходная многокомпонентная смесь представлена в виде дискретного ряда узких углеводородных фракций с определенными температурами кипения. На каждой тарелке рассматриваются два граничных условных компонента со средней температурой кипения фракции.

Исходными данными для потарелочного расчета являются: число реальных тарелок в верхней и нижней секции колонны n_1 , n_2 и номер тарелки питания n_f ; состав и расход питания; доли отбора дистиллята и боковых отборов; давление вверху колонны P_B .

Задается первое приближение эффективности в верхней и нижней секции колонны $\eta_1^{(0)}$, $\eta_2^{(0)}$, определяется число теоретических тарелок в секциях колонны и общее число теоретических тарелок N

$$N = n_1 \eta_1^{(0)} + n_2 \eta_2^{(0)}, \quad (1)$$

а также номер тарелки питания

$$N_f = N - n_1 \eta_1^{(0)}. \quad (2)$$

В результате потарелочной процедуры расчета определяются концентрации компонентов и температуры на теоретических тарелках колонны, мольные покомпонентные и общие потоки пара и жидкости на тарелках колонны.

Для тарелок 1, N_{k-1} , N_{k+1} , N по рассчитанным составам и температурам находятся теплофизические константы смеси в паре и жидкости.

Гидравлический расчет для потоков пара и жидкости, поступающих на тарелки 1, N_{k-1} , N_{k+1} , N , позволяет определить сопротивление орошаемой тарелки ΔP_1 , $\Delta P_{N_{k-1}}$, $\Delta P_{N_{k+1}}$, ΔP_N , а по известному числу реальных тарелок n_1 и n_2 давление куба колонны P_K .

По полученным данным производится расчет следующих значений эффективности верхней $\eta_1^{(i)}$ и нижней $\eta_2^{(i)}$ секции колонны.

В качестве критерия окончания моделирования используется условие:

$$|\eta_1^{(i)} - \eta_1^{(i-1)}| \leq \varepsilon_1, \quad (3)$$

$$|\eta_2^{(i)} - \eta_2^{(i-1)}| \leq \varepsilon_2. \quad (4)$$

В результате находятся составы и расходы продуктов разделения, давление верха колонны.

В основу использованного алгоритма потарелочного расчета процесса многокомпонентной ректификации положена методика Тиле и Геддеса, способ независимого определения концентраций.

В качестве параметров для расчета использованы: расход и состав исходной смеси; число теоретических ступеней разделения N ; номер тарелки питания N_f ; расходы продуктов разделения; флегмовое число R ; распределение давления по колонне P_j ($j=0, 1, 2, \dots, N+1$). В результате расчета, т.е. решения системы уравнений материального баланса, находятся расходы и концентрации продуктов разделения; распределение концентраций и температур по колонне.

Определение эффективности разделения на контактных устройствах является одной из важных задач в теории и практике массообменных процессов. Как известно, при увеличении диаметра колонны в два раза КПД тарелки может уменьшиться в 3-4 раза. Отсюда следует вывод, что при моделировании процессов разделения в аппаратах большого масштаба (диаметром более 2-3 метров) необходимо учитывать основные факторы снижения эффективности разделения и принимать конструктивные решения для ослабления их влияния или полного устранения.

Известны математические модели различных авторов, построенные с учетом тех или иных масштабных эффектов. Данные модели имеют очень сложный математический аппарат и их использование для частых практических расчетов промышленных тарелок затруднительно.

В данной главе получена относительно простая модель структуры потока жидкой фазы на клапанной тарелке, которая учитывает влияние некоторых факторов масштабного эффекта и позволяет выбирать вариант модернизации контактного устройства при изменении условий работы.

Основными видами неравномерности на тарелке и в колонне являются градиент уровня жидкости и скорость пара в сечении входа на контактное устройство (рис. 2).

Используем секционную математическую модель для описания структуры потока жидкой фазы с учетом отмеченных неравномерностей. Число ячеек (секций) принято равным числу рядов клапанов от приемной планки к сливной (рис.3).

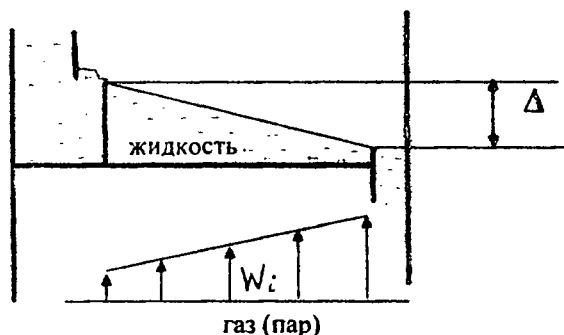


Рис.2 Неравномерность распределения фаз

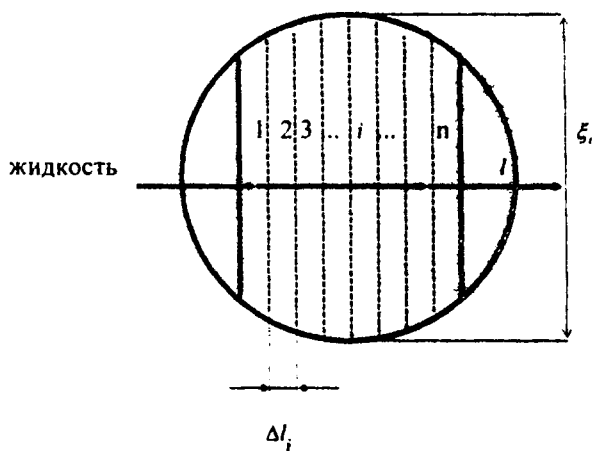


Рис.3 Условное деление тарелки на ячейки (вид сверху)

В каждой ячейке согласно принятой модели происходит полное перемешивание жидкости, а паровой поток движется в режиме идеального вытеснения. Между ячейками перемешивание отсутствует.

Как известно, уравнение математической модели по жидкой фазе для i -ой ячейки имеет вид:

$$u_i \frac{n(x_{i-1} - x_i)}{\Delta l_i} = (ka)_i (x_i - x_i^*), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (5)$$

где x - концентрация компонента в жидкой фазе; x^* - концентрация жидкости, равновесная к концентрации поступающего пара в ячейку $x^* = f(y_H)$, Δl_i - размер ячейки в продольном направлении; n - число ячеек; u_i - средняя скорость жидкости в ячейке, м/с.

В правой части уравнения (5) источник массы, где объемный коэффициент массопередачи (ka) , вычисляется по уравнениям математической модели Дьяконова С.Г., Елизарова В.И., Лаптева А.Г. Данное уравнение позволяет учитывать неравномерность потоков и за счет изменения характеристик газоразделительных элементов и определять коэффициенты массопередачи в каждой ячейке.

Среднюю скорость жидкости в ячейке найдем с учетом градиента уровня жидкости, принимая линейное распределение от приемной планки к сливной.

$$u_i = \frac{L}{\rho_{ж}(h_{ст} + \Delta_i) \xi_i}, \quad (6)$$

где L - массовый расход жидкости на тарелке, кг/с; $\rho_{ж}$ - плотность жидкости, кг/м³; $h_{ст}$ - средняя высота статического столба жидкости (вычисляется по эмпирическим выражениям), м; Δ_i - градиент уровня жидкости в i -ой ячейке, ξ_i - ширина i -ой ячейки.

Концентрацию пара, покидающего i -ю ячейку, найдем из уравнения материального баланса:

$$G_i (y_i - y_n) = L(x_{i-1} - x_i). \quad (7)$$

Учитывая, что в межтарельчатом пространстве колонны происходит практически полное перемешивание пара, уравнение (7) можно записать для всего контактного устройства:

$$G(y_k - y_n) = L(x_n - x_k). \quad (8)$$

При известных значениях начальных концентраций в паре и жидкости на входе тарелки (y_n, x_n) из решения системы уравнений (5), (7) находится профиль концентрации в жидкой фазе по длине контактного устройства и

значение концентраций на выходе - x_k, y_k . Из уравнений (5),(7), учитывая, что $x^* = y/\bar{m}$, найдем концентрацию в i -ой ячейке:

$$x_i = \frac{x_{i-1} + b \frac{y_i}{\bar{m}} + b \frac{Lx_{i-1}}{G\bar{m}}}{\left[(b+1) + b \frac{L}{G\bar{m}} \right]}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (9)$$

где $b = \frac{(ka)_i \Delta l_i}{u_i \bar{m}}$, \bar{m} - коэффициент распределения.

Данное выражение позволяет вычислить концентрацию в жидкой фазе по длине пути жидкости на тарелке. Из решения уравнения (9) находится концентрация компонента на выходе с тарелки (у сливной планки).

На основе использования приведенной выше математической модели можно оценить влияние режимных и конструктивных параметров на процесс разделения смеси за счет изменения коэффициента массопередачи по ячейкам. Значение коэффициента массопередачи зависит от физических свойств разделяемой смеси, а также в значительной степени от скорости пара и высоты столба жидкости в каждой ячейке (секции).

Профиль скорости газового (парового) потока в поперечном сечении колонны связан с гидравлическим сопротивлением барботажной тарелки по выделенным секциям. В секции, расположенной у приемной планки, вследствие большого значения столба жидкости скорость пара будет иметь наименьшее значение, а в секции у сливной планки, где высота столба жидкости минимальна, скорость пара наибольшая. Чем больше градиент уровня жидкости на тарелке, тем больше эти неравномерности. Перераспределение парового потока также может быть вызвано дефектами монтажа контактного устройства.

Известно уравнение, связывающее скорость пара с гидравлическим сопротивлением зон (с различным уровнем столба жидкости). Это уравнение имеет вид:

$$\frac{W_i}{W_{i+1}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{i+1}}{\Delta P_i}}, \quad (10)$$

$$i = 1, 2, \dots, n,$$

где W_i - скорость пара в i - зоне; ΔP_i - гидравлическое сопротивление i - зоны;

$$\Delta P_i = \Delta P_{\text{сухл}} + \Delta P_{\text{стл}} + \Delta P_{\sigma}, \quad (11)$$

где $\Delta P_{\text{сух}i}$ - сопротивление сухой тарелки; $\Delta P_{\text{см}i} = \rho_{\text{ж}} g h_{\text{см}i}$ - сопротивление столба жидкости; ΔP_{σ} - сопротивление, вызванное силами поверхностного натяжения.

Уравнение (10) решается совместно с уравнением неразрывности газового потока в интегральном виде:

$$S_{\kappa} W_{\kappa} = \sum_i^n S_i W_i, \quad (12)$$

где S_{κ} - площадь поперечного сечения колонны; W_{κ} - средняя скорость газа в свободном сечении колонны; S_i - площадь; W_i - скорость пара в i -ой зоне.

При решении системы уравнений (10), (12) принимается, что в секции расположенной в центре тарелки скорость газа равна средней скорости газа в колонне W_{κ} .

Таким образом, при известных значениях среднего столба жидкости $h_{\text{см}}$ и градиенте уровня жидкости Δ из решения системы уравнений (10), (12) находится профиль скорости газа в поперечном сечении колонны по выделенным секциям. Если $\Delta = 0$, то неравномерности отсутствуют и профиль скорости плоский. Чем больше Δ , тем больше неравномерность по жидкой и газовой фазам, тем больше влияние этих факторов на коэффициент массопередачи и эффективность разделения.

Эффективность разделения смеси при известной из (9) концентрации на выходе из тарелки найдем по известному выражению (КПД по Мерфи):

$$\text{в жидкой фазе} \quad \eta_x = \frac{x_{\text{н}} - x_{\text{к}}}{x_{\text{н}} - x^*}. \quad (14)$$

Адекватность приведенной математической модели проверена путем сравнения результатов расчета с известными экспериментальными данными на клапанных тарелках: по профилю концентрации – Janusz K. И др.; по значениям КПД – Малежик И.Ф. и др.; а также Выборнова В.Г. – с учетом влияния градиента уровня жидкости. Расхождение расчетных значений с опытными находятся в пределах $\pm 10-15\%$. Следовательно, разработанную математическую модель, реализованную в виде алгоритма расчета на ЭВМ, можно использовать для анализа, диагностики и выбора вариантов модернизации промышленных клапанных тарелок установки получения моторных топлив.

В третьей главе на основе расчетов с использованием приведенных математических моделей (гл.2) предложены варианты модернизации установки моторных топлив. Анализ работы установки указывает на низкую эффективность

разделения в испарителе и невысокую эффективность контактных устройств К-1. Работа И-1 без наличия контактных устройств и дополнительного орошения малоэффективна. Повышение эффективности работы испарителя И-1 предлагается путем организации ниже штуцеров ввода сырья секций с насадочными элементами высотой слоя ~ 1 метр. Насадка металлическая с большим свободным объемом. В верхней части испарителя, где паровая нагрузка выше, предложено установить клапанные тарелки в количестве 6 штук. Для орошения используется фракция 85-95°C из К-1.

Преимуществом данного варианта реконструкции является увеличение числа теоретических тарелок, работа при повышенных нагрузках, а также возможность работы низа испарителя в затопленном режиме.

Расчеты при минимальной нагрузке показывают, что в верхней части колонны К-1 клапанные тарелки работают с невысокой эффективностью. Это объясняется тем, что средняя высота подъема клапанов на тарелке с 1 по 14 составляет всего 1.5-2 мм. На других тарелках паровая нагрузка выше и клапаны поднимаются на 3-4 мм. Вес одного клапана с учетом дополнительного балласта составляет 0.162 кг (0.0945 кг - клапан и 0.0675 кг балласт). Расчеты без учета дополнительного балласта дают: 2-3 мм на тарелках с 1 по 14, и 5-6 мм с 15 по 42. Отсюда следует вывод о том, что для повышения эффективности работы колонны К-1 при пониженных нагрузках необходима реконструкция или замена клапанных тарелок с 1 по 8. В нижней части колонны тарелки с 43 по 47 предложено удалить и засыпать неупорядоченную насадку. Кроме этого, для повышения эффективности оставшихся клапанных тарелок (с 9 по 42) организовывается двухступенчатый подъем клапанов (с балластом) и установка дополнительных небольших перегородок для снижения байпасных потоков между рядами клапанных элементов.

При нагрузке на УМТ 420 м³/час подъем клапанов на тарелках с 9 по 42 будет равномерный и составит 5-6 мм (до упора в балласт). При нагрузке 795 м³/час клапаны поднимаются с балластом на высоту 7-8 мм. В результате обеспечивается равномерная работа клапанных тарелок в заданном интервале нагрузок на УМТ.

Модернизация технологической схемы установки получения моторных топлив заключается в следующем.

В испарителе организуется циркуляционный контур. Кубовая жидкость забирается в количестве 60 т/час, подогревается до 180-200 °C в печи П-1 и подается в центр И-1, где смешивается с исходным сырьем. Отбор кубовой жидкости в К-1 составляет 162,585 т/час, а отбор по верху испарителя в К-3 - 220,214 т/час.

Организуется контур острого орошения испарителя И-1. В качестве орошения используется верхний продукт колонны К-1, охлажденный до 85-

95 °С из емкости Е-1 подаваемый насосом Н-3/1,2. В качестве орошения верхней части испарителя применяется фракция верхнего продукта К-1 с расходом 30 т/час (для номинальной нагрузки 352.8 т/час).

Паровой поток, обогащенный легкими фракциями с верха И-1, поступает в К-3 на 21-ю тарелку. Другая часть кубовой жидкости из И-1 через печь П-2 подается в колонну К-1 на тарелку № 37 через люк.

Рециркулят из куба К-1 поступает через печь П-2 для орошения насадочного слоя с расходом 40.24 т/час. Фракция 70-140°С отбирается с 11-13 тарелок колонны К-3, для этого устанавливается глухая тарелка. Фракции 140-240 °С - из низа К-2/1 и из куба К-3. Фракции 180-340 °С - из низа К-2/2. Отбор фракции 70-140 °С возможен с низа колонны К-3.

Предложенные выше технические решения были использованы при выборе вариантов реконструкции К-1 с привлечением фирмы «Глитч».

В апреле 1999 года была проведена реконструкция УМТ с использованием аппаратного оформления фирмы «Глитч».

В четвертой главе приведен вариант реконструкции колонны К-3 для получения фр. 70-140°С, являющейся сырьем С-100 установки ЛКС-35-64.

Выполненные гидравлические и технологические расчеты колонны К-3 в интервале изменения нагрузок от 360 до 750 м³/ч по исходному сырью на УМТ показывают, что при нагрузках до 450 м³/ч (на УМТ) клапанные тарелки работают с невысокой эффективностью. Так средняя высота подъема клапанов на тарелках с 1 по 20 составляет всего 2.9-3 мм, а на тарелках с 21 по 37 - 2.6-2.8 мм. Отсюда следует вывод о том, что для повышения эффективности работы колонны К-3 при пониженных нагрузках необходима модернизация контактных устройств.

Модернизация заключается в организации трехступенчатого подъема клапанов и снижении байпасных потоков за счет установки дополнительных небольших перегородок. Предлагается имеющийся на тарелках балласт, который в настоящее время лежит на клапанах, приподнять на 8 мм от тарелки и установить на специальные упоры. Таким образом, организуется двухступенчатое открытие клапанов. На клапаны с 1 по 10 ряд от сливной планки для тарелок 1-20 и с 1 по 5 ряд для тарелок 21-37 устанавливается дополнительный балласт для улучшения структуры парового потока, проходящего через слой жидкости на тарелке. При минимальных нагрузках клапаны поднимаются без дополнительного балласта, а с увеличением нагрузки до 450 - 500 м³/ч (на УМТ) упираются в дополнительный балласт и затем поднимаются вместе с ним. При этой нагрузке подъем клапанов на тарелках равномерный и составит 6-8 мм (до упора в основной балласт). При нагрузке на УМТ более 500 м³/ч клапаны поднимаются с балластом на высоту 7-8 мм, в результате чего обеспечивается равномерная работа клапанных тарелок К-3 в заданном интервале нагрузок на УМТ.

Для обеспечения заданного качества бокового отбора К-3 фракции 70-140° С необходимо осуществлять отбор этой фракции с тарелки 14 через существующий сливной карман и штуцер. Для гарантированного получения начала кипения фракции предлагается через существующий штуцер и сливной карман тарелки 12 осуществлять отбор циркуляционного орошения и после охлаждения возвращать через вновь установленный штуцер в сливной карман центрального перелива тарелки 10. Отбор фракции 85-160°С необходимо осуществлять с тарелки 26 через модернизированный сливной карман и вновь установленный штуцер. Представленный вариант модернизации контактных устройств наиболее эффективен в случае, когда модернизируемый объект находится в тяжелом экономическом состоянии.

Однако повышение эффективности разделения УС в колонне К-3 можно произвести и заменой существующих контактных устройств. На основе сделанных расчетов выбраны конструктивные характеристики новых клапанных тарелок. В течение июня-августа 2000 г. новые тарелки были изготовлены на заводе Волгограднефтемаш. В сентябре был выполнен монтаж тарелок в К-3.

Проведенная модернизация позволила получить гибкую технологическую схему, обеспечивающую работу колонны К-3 в следующих режимах: отбор фракции 60-100 °С с 12 или 14 тарелки, фракции НК-70 °С с верха, фракции 85-160 °С с 26 тарелки и фракции 140-240 °С из куба колонны.

При отсутствии потока из емкости Е-13 фракцию 85-180 °С можно получать из куба К-3. Конец кипения этой фракции зависит от работы колонны И-1.

Такая гибкость технологической схемы УМТ обусловлена предложенным вариантом реконструкции, а именно установкой дополнительных штуцеров для отбора продукта с 26 тарелки. Изменения в технологической схеме сводятся к монтажу дополнительного насоса Н-32/1,2 и переобвязке теплообменников для охлаждения продукта отбираемого с 26 тарелки.

В табл. 1 представлены результаты расчетов фракционных составов продуктов и данные, полученные при опытно-промышленной эксплуатации УМТ после предложенной модернизации.

Из таблицы следует удовлетворительное согласование расчетных и промышленных данных.

Таблица 1. Качество продуктов колонны К-3 при одновременном отборе с 12 и 26 тарелки: расчетное и полученное в результате опытной эксплуатации УМТ

Показатели	Плотность, кг/м ³	Фракционный состав, °С						
		2% об.	10% об.	30% об.	50% об.	70% об.	90% об.	98% об.
Верхний продукт К-3								
Расчет	647.78	24.2	29.4	34.1	40.8	48.75	63.46	69.0
Получено		36	43	45	48	52	64	72
Боковой продукт К-3 с 12 тарелки								
Расчет	711.6	54.7	66.3	69.6	76.6	83.4	93.58	103.4
Получено	712.6	63	70	72	74	87	100	103
Боковой продукт К-3 с 26 тарелки								
Расчет	753.6	86.3	93.4	100.2	108.5	118.4	137.3	156.3
Получено	746.5	92	99	102	105	112	129	173
Кубовый продукт К-3								
Расчет	777.9	138	146.8	152.7	160.2	165.5	178.6	230
Получено	778.5	133	144	147	150	157	173	219

Основные результаты работы и выводы.

1. На основе данных промышленной эксплуатации УМТ за 1997 –2000 г.г. выполнен комплексный анализ работы ректификационных колонн с основным оборудованием при различных нагрузках и составах сырья. Выбраны направления повышения эффективности проводимых процессов.
2. Для решения задачи модернизации УМТ разработан алгоритм расчета сложной атмосферной колонны (К-1) со стриппинг-секциями и колонны вторичной ректификации (К-3).
3. В качестве инструмента для решения задачи модернизации клапанных тарелок рассмотрена секционная математическая модель с учетом неравномерности распределения фаз, позволяющая вычислять профиль концентраций в жидкой фазе и эффективность разделения смеси при различных конструктивных и режимных параметрах (с учетом градиента уровня жидкости, неравномерности распределения парового потока, изменения массы клапанов).
4. Выполнены расчеты клапанных тарелок колонн К-1 и К-3 при различных режимных и конструктивных возмущениях. Разработаны технические решения по модернизации газоразделительных элементов тарелок и установке небольших дополнительных перегородок, обеспечивающие более равномерное распределение потоков и повышение эффективности разделения. Выбраны конструктивные характеристики новых клапанных тарелок для колонны К-3.
5. Предложены изменения в технологической схеме УМТ для получения фракций (70-140°С, 140-180°С и 85-160°С). В результате получена новая фракция

(85-160⁰С) являющейся сырьем для секции С-100 установки ЛКС-35-64. Расчеты подтверждены данными эксплуатации УМТ после модернизации.

6. Разработанные технические предложения могут быть использованы при реконструкции аналогичных установок разделения углеводородных смесей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. Ясавеев Х.Н., Баглай В.Ф., Солодов П.А., Лаптев А.Г., Минеев Н.Г., Фарахов М.И. Вариант реконструкции установки получения моторных топлив на Сургутском ЗСК// Теплообменные процессы и аппараты химической технологии: темат. сб. науч. тр. Вестника КГТУ. - Казань, 1998. - С.4-10.

2. Лаптев А.Г., Мальковский П.А., Баглай В.Ф., Солодов П.А., Моделирование процессов разделения углеводородных смесей в колонных аппаратах// Тезисы докладов: 12-й международной научной конференции: Математические методы в технике и технологиях. - В.Новгород, 1999, - Т.4.- С.199-200.

3. Ясавеев Х.Н., Баглай В.Ф., Солодов П.А., Лаптев А.Г., Минеев Н.Г., Фарахов М.И. Модернизация ректификационных колонн и установки получения моторных топлив// Тезисы докладов: V-й международной конференции по интенсификации нефтехимических процессов «Нефтехимия-99». - Нижнекамск, 1999. - Т.2. - С.184-185.

4. Лаптев А.Г., Мальковский П.А., Солодов П.А., Еланцев С.В., Минеев Н.Г. Математическое моделирование массообмена в колонных аппаратах и повышения эффективности установок разделения на Сургутском ЗСК// Тезисы докладов: V-й международной конференции «Методы кибернетики химико-технологических процессов». (КХТП- V-99). - Казань, 1999. - С.14-15.

5. Ясавеев Х.Н., Мальковский П.А., Баглай В.Ф., Ишмурзин А.В., Солодов П.А., Лаптев А.Г., Минеев Н.Г., Фарахов М.И. Реконструкция колонны К-3 установки моторных топлив для получения сырья секции 100 ЛКС 35-64// Теплообменные процессы и аппараты химической технологии: межвузовский тематический сборник научных трудов - Казань, 2000. -С.8-13.

6. Ясавеев Х.Н., Баглай В.Ф., Ишмурзин А.В., Солодов П.А., Лаптев А.Г., Минеев Н.Г., Фарахов М.И. Модернизация колонны К-3 установки моторных топлив для получения сырья секции 100 ЛКС 35-64// Тезисы докладов «Тепло и массообмен в химической технологии» Всероссийская научная конференция.- Казань, 2000. - С.161-162

7. Минхайров Р.И., Солодов П.А. Реконструкция установки моторных топлив ЗСК с целью увеличения отбора фракций и снижения образования химически загрязненных вод// Тезисы докладов: 54-ой Межвузовской студенческой научной конференции «Химические технологии и экология в нефтяной и газовой промышленности». - Москва, 2000. - С. 33.

8. Минхайров Р.И., Солодов П.А. Реконструкция установки моторных топлив Сургутского ЗСК // Тезисы докладов международной молодежной научной конференции «Молодежь - науке будущего». - Наб. Челны КамПИ, 2000.- С.17-18.

9. Фахрутдинов Р.З., Мальковский П.А., Солодов П.А., Минхайров Р.И., СЗСК// Аннотация сообщений. – Казань, 2000. - С.61

10. Ясавеев Х.Н., Ишмурзин А.В., Солодов П.А., Лаптев А.Г., Минеев Н.Г. Реконструкция установки моторных топлив для получения сырья секции 100 ЛКС-35-64 и изомеризации. Труды Всероссийской научно-технической конференции «Большая нефть: реалии, проблемы, перспективы». - Альметьевск, 2001. - Т.3. - С. 296.

Соискатель



Солодов П.А.

Заказ 336

Тираж 100

Издательство Казанского государственного технологического университета.

Офсетная лаборатория Казанского государственного технологического университета 420015, Казань, К. Маркса, 68.

d-